

科学技術 トピックス

以下は科学技術専門家ネットワークにおける専門調査員の投稿（11月号は2003年10月3日より2003年10月31日まで）を中心に「科学技術トピックス」としてまとめたものです。センターにおいて、関連する複数の投稿をまとめ、また必要な情報を付加する等独自に編集するため、原則として投稿者の氏名は掲載いたしません。ただし、投稿をそのまま掲載する場合は、投稿者のご了解を得て、記名により掲載しています。

ライフサイエンス分野

①がんのトランスレーショナルリサーチの実現に向けて —わが国における問題点と対応策—

ポストゲノム時代を迎え、がんの基礎生命科学研究から得られる成果をもとに新しい診断法、治療法を患者さんの元へ出来るだけ早く届けることは研究者にとって大きな使命である。そのためには基礎研究者、臨床研究者が密な連携のもとに科学的なシーズを育て、医療の場へと実用化を図るための橋渡し研究（トランスレーショナルリサーチ）を推進していくことが国家的な課題として要請されている。

トランスレーショナルリサーチは実験的な医療という観点から、研究者（主に医師）主導の臨床試

験と考えるべきである。その推進に当たっては、ヘルシンキ宣言（ヒトを対象とする医学研究の倫理的原則）を遵守し、科学性、倫理性および医学的妥当性を担保することが前提であり、実に多くの基盤整備が必要である。

トランスレーショナルリサーチの実現に向けて取り組むべき課題として、①これに関わる研究者と医療スタッフの育成、②実施における支援（治験コーディネーター（CRC＝クリニカル・リサーチ・コーディネーター）、データマネジメント、生物統計等）体制の整備、③推進のための経費面の公的支援体制、④実施施設における適正でかつ迅速な倫理審査体制、⑤実施の実績が評価されるシステム、⑥推進のための法的整備、⑦推進のための産官学連携のシステム、⑧実施における特許取得と知的所有権の確保、⑨実施施設、研究者、

研究資源、内容等に関する情報の集約化と公開等が挙げられる。

これらが整備されてこそ、国際的な競争力を備えたトランスレーショナルリサーチの推進が可能となり、質の高い臨床試験にて新しいがん医療が創生される。

（参考文献：“From bench to bedside” Nature Vol.424, pp.1090 - 1091, 2003, “From the war on cancer to translational oncology” Cancer Biol Ther. Vol.1, pp.711 - 714, 2002, “Translational Medicine: A two-way road” J Transl Med, Vol.1, p.1, 2003, “Integration of Translational Research in the European Organization for Research and Treatment of Cancer Research (EORTC) Clinical Trial Cooperative Group Mechanisms” J Transl Med, Vol.1, p.2, 2003)

（徳島大学医学部・

曾根 三郎学部長）

情報通信分野

①情報家電に向けた新しいOS開発が活発化

最近、携帯電話、携帯情報端末、カーナビ、デジカメ、DVDレコーダーなど情報家電に搭載されるOSの開発が活発になっている。

2003年9月に、TRON^①をベースにWindowsCE^②が動作する新しいOSの共同開発の発表があった。TRONは、リアルタイム性が強く要求される組み込み機器（家電や産業機器の制御部など）向けOSとして広く使われてきた。情報家電分野では、パソコンで広く普及

したWindowsのソフトウェア資産の利用の要望があり、連携することになった。

また、情報処理系（サーバー系）で多く利用されているLinux^③を情報家電向けに改良することを目指して、本年7月に日本の家電メーカーを中心に欧米韓を含む業界

団体「CE Linux フォーラム」が設立された。Linux は国際的に開発を進める場合のベースとして適している。

さらに、TRON をベースに Linux を動作させようとする T-Linux の開発が今年 3 月から始まっている。TRON では不十分であったネットワーク機能が Linux から取り込まれる。T-Linux はカーナビ、携帯電話、携帯情報端末向け OS として検討されている。上記以外に、既に携帯電話や携帯情報端末向けでは、Symbian^④、Palm^⑤、WindowsCE などが使用されており、多種の OS が乱立し始めている。

このような動きの背景には、パソコン市場の伸びが鈍化する一方で、情報家電分野では盛んに新製品開発が行われていることがある。この開発には、制御部にとって必要なリアルタイム機能に加え、情報処理に必要なネットワーク機能、インターフェース機能などが求められる。低消費電力で高性能なプロセッサやメモリの出現により、情報家電分野でもより大型の OS の動作が可能な時代になっている。一方で、多機能化に伴って、ソフトウェア規模や開発コストが増大しており、1 社による開発には限界があることから、標準化を目指し共同開発する動きが活発になってきている。新しい OS 開発の中でも、TRON、Linux は共にソースが公開されカスタマイズが可能なことや、OS 部分

のコストが非常に低いことから注目されている。しかし、一方で Linux への Unix ソースコード混入疑惑に見られるようなオープンソースにおける著作権問題、ソースコードの改版權・有償販売権の価格問題など知的財産権関連の未解決の問題もある。しばらく、各陣営の駆け引きが盛んとなろう。

② 3 ゲート構造でシリコン MOS トランジスタの高性能化ロードマップを前倒し

ムーアの法則を基に作成された国際半導体技術ロードマップ (ITRS) は、過去に幾度か限界説が提唱されながらも、見直しのたびに前倒しされ、更新を重ねている。今年 9 月に東京で開催された固体素子および材料に関する国際会議 (SSDM: 応用物理学学会主催) においても、最新のロードマップをさらに前倒しする性能のトランジスタに関する発表が米国 AMD 社よりなされた。

これは 3 ゲート (Tri - Gate) と呼ばれる構造のトランジスタで、完全空乏型 SOI トランジスタ^(注1)のチャネル形成部の三方をニッケルとシリコン化合物 (NiSi₂) の金属ゲート電極で囲み、チャネル形成部のシリコン格子を局所的に歪ませ、キャリア移動度を向上させるものである。同様の Tri - Gate 構造のトランジスタは、インテルが今年の 6 月に京都で開催された

VLSI シンポジウムにて発表しているが、チャネル形成部のシリコン断面がインテルの場合は、ほぼ正方形であるのに対して、今回発表されたものは平面 (Planer) 型に近い形状となっている。ゲート電極にはニッケルと多結晶シリコンを全て固相で反応させて形成した金属の NiSi₂ が用いられている。これによりチャネル部のシリコン格子を局所的に歪ませ、従来の Tri - Gate 構造のトランジスタに対して電流駆動能力を約 50% 向上させるという 45nm 世代に要求されるトランジスタの性能を達成している。

今回示された構造は、従来の Planer 型 SOI トランジスタに近く、またシリコンゲルマニウム (SiGe) 等の新材料を用いずにシリコン格子を歪ませる等、現在の製造技術との互換性も高いことから AMD は 2007 年にも量産対応を見込める有力な技術としている。これは最新のロードマップをさらに 2 年前倒しするものであり、現在研究が盛んな次世代要素プロセス技術を複数盛り込みながらも、トランジスタレベルでのこれら技術の統合化や、実用化に向け従来技術との互換性も重視した技術が既に一定のレベルに達している事を示すものである。

日本でもあすかプロジェクト等のコンソーシアムや MIRAI 等の国家プロジェクトにおいて半導体の技術開発が現在進められているが、これらの成果を有効なものとする為には、ロードマップの前倒しに合わせた開発スケジュールの見直しが必要と思われる。

用語説明

① TRON

坂村健教授が 1984 年に提唱した基本ソフト (OS) で組み込み機器向けに広く使われている。

② WindowsCE

Windows を携帯 PC 用に小型化した Microsoft 社製 OS。

③ Linux

1991 年 Linus Torvalds 氏によって開発された UNIX 互換の OS。フ

リーソフトウェアとして公開され、全世界のボランティアの開発者によって改良が重ねられている。

④ Symbian

英国 Symbian 社製の携帯電話向け OS。

⑤ Palm

米国 Palm 社製の携帯情報端末向け OS。

(注1) 絶縁膜上の単結晶シリコンに形成するトランジスタ。ゲートに電圧を印可しない状態でシリコンの膜厚方向全てにキャリアが欠乏した状態を完全空乏型と呼ぶ。

③ フォトニクス技術を用いた THz 波の発生 —残された最後の未開拓電磁波利用への鍵—

有限な資源である周波数の有効利用を図るうえで、高周波域の開拓は長年の目標であった。例えば無線通信においては、より高い周波数のキャリアを用いることで、既存のシステムに比べ桁違いに広い帯域の信号を伝送することが可能となる。また天体物理学においては、サブミリ波帯は宇宙や生命の起源を解明するための情報を含む重要な周波数域である。このような可能性にもかかわらず、様々な技術的課題から電磁波の一連のスペクトルの中で未開拓の周波数帯として残されていた。

分子分光や環境計測、電波天文等の極限計測技術においては、数百 GHz から数 THz までの超高周波連続信号を発生させる必要があるが、これまでこの様な高い周波数域の電磁波を発生させる手段としては、調整が複雑な Gunn 発振器と通倍器の組合せや、信頼性や周波数安定性に課題のある後進波管 (BWO) などの古い技術に限定されていた。また、これらの機器

は基本的に狭帯域であり、広い周波数域を 1 台でカバーできる小型・軽量のミリ波・サブミリ波発生器の開発が求められていた。

NTT では、電子の輸送のみを効果的に利用する新しい動作原理のフォトダイオード「単一走行キャリア・フォトダイオード (UTC - PD)」を開発し、広帯域光通信システムへの適用を進めてきた。今回の成果は、光通信用に開発されたデバイスを、他の技術領域へも展開させたものである。

UTC - PD と平面アンテナを集積化した素子を用い、高周波で強度変調された光信号 (光 RF 信号) を直接光電変換することで、その変調周波数に対応する 1 THz までの電磁波の発生を確認した (H. Ito et al., International Conference on Terahertz Electronics, Sendai, H - 1 (2003 年 9 月))。発生させた信号は、パルス光を用いる技術とは質的に異なる単一周波数の連続波であり、かつ旧来の技術に比べ桁違いに広い周波数可変範囲を有することに特徴がある。UTC - PD は光通信用の波長帯 (1.55 μ m) で動作するので、既存の豊富な光通信機器をそのまま利用できるという点で、実用的にも大きなメリットがある。光 RF 信号は光部

品の広帯域性を生かして生成し、ファイバ増幅器で容易に増幅できる。またこの様な高周波信号を低損失の光ファイバで長距離伝送することも可能である。

応用として、すでに文部科学省 IT プログラムの課題の 1 つとして、国立天文台及び電気通信大学との共同研究により UTC - PD を用いた 1 THz の基準信号発生器の研究開発を進めており、さらに、天文観測におけるデータ処理、イメージングによるセキュリティシステム、農作物や工業製品の検査、薬物検査、紙幣や美術品の真贋判定、火災、煙、埃、暗闇などを通した暗視カメラ、分子分光・分析機器、10 ギガビット / 秒級超広帯域ファイバ無線システム、大気や環境のリモートセンシング用機器、医療診断や治療用器具、ファイバ網による標準周波数の分配、など様々なものが考えられ、既存の概念を超えた新しい応用や計測機器の開発も可能になると期待される。

我が国では東北大学のグループをはじめとした THz 発生とその応用技術に関する研究が強化されており、本成果もこのような関心の高まりを反映したものである。

ナノテク・材料分野

① フォトニック結晶を用いた白色照明用 GaN 発光ダイオードの高効率化

フォトニック結晶とは、屈折率が異なる 2 つの物質が、光の波長程度の周期で規則正しく並んだ状態にある結晶やガラスなどを指し、特定の波長の光のみを取り出したり、光の方向を変えたりすることができるため、光学分野のナ

ノテクノロジーとして注目されている。松下電器産業㈱は、フォトニック結晶を用いて、GaN - LED (窒化ガリウムを用いた発光ダイオード) による白色光を高効率で外部に取り出す技術を開発し、2003 年 9 月 16 ~ 18 日に東京で開催された固体素子コンファレンス (SSDM2003) で発表した。

GaN という化合物半導体を用いた LED は、本来は青色の発光であるが、1997 年頃から、蛍光体を利用したり、結晶表面に自然発

生する凹凸を利用したりすることによって白色光に変換する技術が進み、照明としての応用分野が注目されてきた。現在でもすでに、携帯電話のカラー液晶パネルや自動車用ランプなど特殊な照明機器に使用されている。この白色照明は数万時間以上と非常に長寿命であるとともに、白熱電球のように熱を発することがなく電圧器や昇圧器も不要なため低消費電力であり、また蛍光灯のように水銀などの有害物質を使わない、などの利

点を有するため、将来的には白熱電球や蛍光灯に代わって照明市場の主役となる可能性も期待されている。現在の白色 LED は光の取り出し方法にさらなる工夫が必要な段階にはあるが、2002 年にはすでに白熱電球の発光効率を抜き、早ければ 2004 ～ 2005 年には蛍光灯の発光効率に達すると予測されている。

今回、松下電器産業(株)では、フォトニック結晶のシミュレーション技術を確認し、内部へ反射する光を減少させて効率的に光を取り出すことができるフォトニック結晶構造の設計を行なった。この設計によって凹凸の周期、すなわち屈折率が異なるガラス質と大気との繰り返しの周期を最適化したフォトニック結晶を GaN-LED の表面に形成した。実際の形状としては、突起状のガラス結晶が青色 LED の表面に集積されている。さらにこの突起状の結晶上に透明電極を形成して均一に電流を注入することにより、ムラのない白色光を得た。この技術によって、白色光としての外部への取り出し効

率が約 30% となり、これは従来型の 1.5 倍の効率である。従来の GaN-LED に簡単な工程を追加するのみで低コスト製造が可能であり、フォトニック結晶の新しい実用分野を開拓した点においても注目される。

②新しいタイプの高性能水素貯蔵材料の開発に成功

東北大学金属材料研究所の折茂慎一助教授と中森裕子助手は、2003 年 10 月の日本金属学会秋季大会で、水素貯蔵材料として錯体水素化物 LiNH_2 の水素放出開始温度を実用化の目安とされる温度 100°C 以下にできたことを発表した。

現在開発が進められている燃料電池は水素を燃料とするため、軽くて水素の出し入れがし易い水素貯蔵材料技術が求められている。これに対し、リチウム-窒素という超軽量元素同士の組合せによって水素を原子レベルで貯蔵する「クラスター型水素貯蔵材料」が注目を集めている。この材料は、窒素の周囲に水素がブドウの房の様に

高密度に付き、従来の水素吸蔵合金等と比べ重量当たりの水素貯蔵密度が大きいという特徴がある。しかしながら、水素を放出するには 280°C 以上の加熱が必要であり実用化の課題となっていた。

折茂助教授らは、この水素貯蔵材料に対し、「価電子制御」という、一般にはセラミックスに対して用いられる材料設計技術を世界に先駆けて適応することにより、水素放出開始温度を実用化の目安とされる温度 100°C 以下にすることができた。具体的には、リチウムの一部を他の元素に置換することにより、水素を含むクラスター構造（原子状の水素を多量に貯蔵する材料内部での原子集団）の性質を制御して、水素貯蔵材料としての性質を高性能化した。

現在実用化に向けて実証試験が進む燃料電池自動車には軽量高性能な水素貯蔵材料が求められているが、水素放出開始温度が 100°C 以下になったことで、本材料が燃料電池自動車に应用されることが期待される。

エネルギー分野

①米企業がバイオマス発電に適したスターリングエンジン発電機を発売

昨年閣議決定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」を受けて、バイオマス資源をエネルギー源として活用する様々な試みが始まっている。これまで実用化されているバイオマス発電の多くが、蒸気タービンを用いた比較的大規模な施設であり、「広く、薄く」発生するバイオマス資源の収集・運搬に伴うコストが、わが国でのバイオマス発電普及の大きな障害となっている。そうした中、本年 8 月、

米国ニューオーリンズ市において開催された Bioenergy Summit において、米国のベンチャー企業である STM Power 社が、出力 55kW のスターリングエンジンを来年早々本格的に販売すると発表した。

スターリングエンジンは、「外燃機関」であり、熱交換器を介して作動流体を加熱することによって、原理的にはどのような熱源であっても直接駆動が可能であるという特長を持つ。これまで実用化されているのは、冷凍機用を中心とする、出力が最大でも数 kW レベルのものに限られており、STM Power 社のエンジンは、本格的

な発電用スターリングエンジンの幕開けを告げるものと言える。同社のエンジンは、最適な作動流体であるにもかかわらず、これまで安全性の面から利用が遅れていた水素を作動流体とし、150 気圧の動作圧力でありながら、外部へのリークをほとんどなくし、水素製造装置を内蔵して、自動的に水素が補充されるという特長を持つ。熱源の温度が $850 \sim 1,000^\circ\text{C}$ であれば、正味の発電効率が 30% と、同規模のガスエンジンやディーゼルエンジンと遜色がなく、 NO_x の排出レベルは 10ppm 程度、未燃炭化水素は検出限界以下と極めて環境性にすぐれている。また、

数百 ppm レベルの硫黄分であれば耐食性に問題がないため、埋立場の発生ガスや、下水汚泥・畜糞のメタン発酵で得られるガスを脱硫なしで直接利用することができる。さらに、必要に応じてエンジン排熱などを利用して予備乾燥すれば、ほとんどあらゆるバイオマス資源を燃焼させ、その燃焼ガスでの発電が可能となる。出力 55kW というエンジンサイズは、乾燥木材の処理量としては、

40kg/ 時間に相当し、複数機のエンジンを使用することによって、処理量を増やすこともでき、バイオマス資源の発生元での発電に適している。

同じ出力レベルのマイクロガスタービンが航空機の技術をベースにしているのに対して、同エンジンは自動車の技術をベースにしており、設備コストも US\$ 1,000/kW と、既存の内燃機関並に抑えることを目標としている。すでに日産 10 台

の量産工場も稼働準備に入っている。STM Power 社では、日本企業の協力の下、経済産業省に対して技術基準適合性評価を依頼しており、適合認定が得られ次第、わが国での本格的な販売を開始する予定である。同エンジンが、分散型のバイオマス発電の実現に大いに寄与することが期待される。(東京工業大学大学院総合理工学研究科 吉川 邦夫教授からの投稿に基づき作成)

製造分野

① 高効率でエポキシド類を合成できる新規触媒を開発

プロピレンオキシドのようなエポキシド類は、合成中間体として非常に重要な化合物で大量に製造されている(例えばプロピレンオキシドの生産量は450万トン/年、ブテンオキシドの生産量は約7万トン/年)。エポキシドは、通常、環境に問題のある塩素系酸化剤あるいは高価な有機過氧化物などでオレフィンをエポキシ化することにより製造されており、環境にやさしくしかも安価な酸化剤である過酸化水素もしくは分子状酸素を使用する触媒プロセスの検討が進

められてきた。しかしながら、過酸化水素あるいは分子状酸素では十分な反応の選択性が得られず、高効率でエポキシド類を合成できる触媒の開発が望まれていた。

東京大学工学系研究科の水野哲孝教授は、酸化剤として過酸化水素を用いて高効率でオレフィンをエポキシドに変換する触媒を見出したことを、2003年5月9日号の Science 誌で既に発表しているが、2003年9月18～21日に開催された触媒討論会でその詳細が報告された。同教授らが開発した触媒は、ヘテロポリ酸の一種であるタングストケイ酸の一部が欠損した新規な化合物 $[\gamma\text{-SiW}_{10}\text{O}_{34}(\text{H}_2\text{O})_2]^{4-}$ で、過酸化水素を酸化剤としてオレフィン類のエポキシ化反応を行

うと、各種の鎖状および環状のオレフィン類に対し、32℃という非常に温和な条件で、エポキシド選択率99%以上と極めて効率よく進行する。また、反応後この触媒は容易に回収でき、5回以上、高い活性、選択性を維持したまま再使用可能とのことである。

本反応系は、オレフィンの種類(炭素数、鎖状か環状か、二重結合の位置)に反応成績がほとんど依存せず、また、エポキシ化前後で二重結合のまわりの立体構造が保持されるなど、極めて汎用性が高いと考えられる。触媒の長期寿命試験を含め、工業化に向けた更なる検討が待たれる。

.....